

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

**Použití upínacích přípravků v CAM systému pro operaci
frézování**

Using Fixtures in the CAM System for Milling Operation

Student:

Jakub Mazáč

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Marek Sadílek, Ph.D.

Ostrava 2016

Zadání bakalářské práce

Student: **Jakub Mazáč**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie
Téma: **Použití upínacích přípravků v CAM systému pro operaci frézování**
Using Fixtures in the CAM System for Milling Operation
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Možnosti simulace a verifikace upínacích přípravků v CAM systému.
2. Možnosti vícenásobného upínání obrobků v CAM systému.
3. Tvorba databáze upínacích přípravků pro obráběcí stroje katedry Obrábění, montáže a strojírenské metrologie.
4. Závěry pro realizaci v praxi.

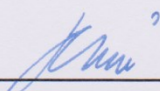
Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] SADÍLEK, M.; SADÍLKOVÁ Z. *Počítačová podpora procesu obrábění*. VŠB – TU Ostrava, 2012, 149 s., Dostupné na: <http://vyuka.fs.vsb.cz/>. ISBN 978-80-248-2770-4. Součástí této výukové je 14 animací.
- [2] SADÍLEK, M.; KOSAŘ F. *Řešené praktické příklady v CAM systému Mastercam*. VŠB – TU Ostrava, 2011, 169 s.
- [3] SADÍLEK, M. *Počítačová podpora výroby*. VŠB – TU Ostrava, 2011, 80 s., Dostupné na: http://www.346.vsb.cz/studijni_literatura.html. Součástí této výukové opory je 18 animací.
- [4] SADÍLEK, M. *CAM systémy v obrábění I. - II. doplněné vydání*. VŠB – TU Ostrava, 2010, 138 s., ISBN 978-80-248-2278-4.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Marek Sadílek, Ph.D.**

Datum zadání: 11.12.2015
Datum odevzdání: 16.05.2016



doc. Ing.et Ing.Mgr. Jana Petřů, Ph.D.
vedoucí katedry





doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Poděkování:

Rád bych poděkoval doc. Ing. Marku Sadílkovi, Ph.D. za všechny hodnotné rady pro vypracování bakalářské práce, za umožnění přístupu do laboratoří katedry pro provedení potřebných měření a poskytnutí všech prostředků pomocných k vypracování mé práce.

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě.....11.5.2016.....

.....Masale^c.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou (bakalářskou) práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 11.5.2016

Mazáč
.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Jakub Mazáč

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Brodská 483, Nový Hrozenkov

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

MAZÁČ, J. *Použití upínacích přípravků v CAM systému pro operaci frézování: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie, 2016, 48. s. Vedoucí práce: doc. Ing. Marek Sadílek, Ph.D.

Bakalářská práce se zabývá tvorbou databáze upínacích přípravků, používaných při operaci frézování na obráběcích strojích katedry. Jednotlivé upínací přípravky byly naměřeny, vytvořeny jejich trojrozměrné modely, zavedeny do tabulky a znázorněny jejich upínací rozsahy a použití. Dále se v práci věnuji CAM systémům. Simulaci a verifikaci upínacích přípravků v systému CAM. Možnostem vícenásobnému upínání obrobků pro operaci frézování.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

MAZÁČ, J. *Using Fixtures in the CAM System for Milling Operation: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machining, Assembly and Engineering metrology, 2016, 48. p. Thesis head: Marek Sadílek.

This thesis deals with the creation of a database of fixtures used during the milling operation on machine tools of department. Individual fixtures were measured, made of three-dimensional models, implemented into the table and shown their clamping ranges and using. Further, I deal with CAM systems in the thesis. Simulation and verification of fixtures in the CAM system. The possibilities of multiple workholding during the milling operation.

OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	9
1 ÚVOD	10
2 TEORIE UPÍNACÍCH PŘÍPRAVKŮ	11
3 TVORBA DATABÁZE UPÍNACÍCH PŘÍPRAVKŮ	12
3.1 Strojní šroubový svěrák	12
3.1.1 Strojní šroubový svěrák A:	13
3.1.2 Strojní šroubový svěrák B:	14
3.1.3 Strojní šroubový svěrák C:	15
3.2 Samostředící čelistový svěrák šroubový	16
3.3 Centrální upínač CU-T 77	18
3.3.1 Varianta upnutí A:	20
3.3.2 Varianta upnutí B:	20
3.3.3 Varianta upnutí C:	21
3.3.4 Varianta upnutí D:	21
3.4 Upínky na pracovní stůl stroje	22
3.5 Samostředící univerzální sklíčidlo IUS	23
3.5.1 Čtyřčelistové sklíčidlo IUS s lící deskou	25
3.5.2 Čtyřčelistové sklíčidlo IUS s upínacím sloupem	26
3.6 Magnetické upínače	26
3.6.1 Magnetická deska Schunk	27
3.6.2 Magnetická deska – malá	28
3.7 Upínač – malý svěrák	29
3.8 Podoba databáze upínacích přípravků	30
4 CHARAKTERISTIKA CAM SYSTÉMŮ	32
4.1 Uplatnění CAM systémů	32
4.2 Charakteristika CAM systému	32
4.3 Práce v CAM systému	32

5	MOŽNOSTI SIMULACE A VERIFIKACE UPÍNACÍCH PŘÍPRAVKŮ V CAM SYSTÉMU	34
5.1	Simulace a verifikace	34
5.2	Simulace v Mastercam	34
5.3	Simulace v MachineWorks	35
5.4	Simulace v SolidCAM	36
5.5	Simulace v EdgeCAM	37
6	VÍCENÁSOBNÉ UPÍNÁNÍ OBROBKŮ	38
7	VLOŽENÍ UPÍNACÍCH ELEMENTŮ DO SYSTÉMU CAM	41
7.1	Postup vkládání upínačů do CAM systému Mastercam	41
7.2	Ověření funkčnosti upínacích přípravků	43
8	ZÁVĚR	44
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	45
	SEZNAM OBRÁZKŮ	47
	SEZNAM TABULEK	48
	SEZNAM PŘÍLOH	48

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

České:

3D	Třírozměrná grafika
HRC	Tvrdost podle Rockwella
ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci
kg	Kilogram
mm	Milimetr
Ra	Střední aritmetická úchylka profilu

Anglické:

CAA	Počítačová podpora montáže výrobků Computer Aided and Assembly
CAD	Počítačem podporovaný návrh Computer Aided Design
CAE	Počítačem podporované inženýrství Computer Aided Engineering
CAM	Počítačem podporovaná výroba Computer Aided Manufacturing
CATS	Počítačová podpora řízení dopravy a skladů Computer Aided Transport and Store
CNC	Číslicové řízení počítačem Computer Numerical Control
HSC	Obrábění vysokými rychlostmi High Speed Cutting
NC	Číslicové řízení Numerical Control

1 ÚVOD

Ve strojírenství je jedním ze základních a nejdůležitějších odvětví obrábění. Tento proces probíhá formou odebrání třísky z obráběného polotovaru. Každý takový polotovar je potřeba upnout do upínacího přípravku, který zabrání polotovaru posun ve všech osách. Upínací přípravky jsou základními prostředky, které zaručí úspěšnou a bezpečnou výrobu při procesu třískového obrábění. Musí odolávat účinkům řezných sil a vyvinout dostatečné upínací síly, aby udržely obrobek ve stálé poloze. Obrobkem nesmí být pohnuto. Dosedací plochy musí mít vysokou tvrdost a odolnost proti opotřebení. V průběhu obráběcího procesu je kladen důraz na konečnou přesnost, na kterou má upínač velký vliv.

Můžeme se setkat s velkou variací upínacích přípravků. Ty bývají modifikovány podle rozměrů a potřeb obráběcího stroje, či obráběcího procesu. V dnešní době je důležitým faktorem ve strojírenství produktivita práce a hospodárnost výroby. Na posouzení vhodnosti přípravku a výběru z více variant pro danou výrobu je kladen důraz. Proto se v této práci věnuji tvorbě databáze upínacích přípravků pro obráběcí stroje katedry Obrábění, montáže a strojírenské metrologie. Taková databáze by měla usnadnit výběr vhodného upínacího přípravku pro daný obráběcí proces.

Součástí této databáze je tvorba 3D modelů všech upínacích přípravků. Tyto modely slouží pro následnou simulaci a verifikaci obrábění. Vizualizace procesů nám dovolí aplikovat systémový přístup při vývoji výrobku, konstruování, zpracování technologie, testování a korigování chyb. Tato verifikace nám umožní analyzovat kolizi nástroje s obrobkem nebo upínkami. Hodnotná vizualizace a verifikace vytvořeného NC programu výrazně zkvalitňuje samotný proces obrábění.

Dále se práce věnuje možnostem simulace a verifikace upínacích přípravků, i případného vícenásobného upínání obrobků. Simulace držáků, svěráků a upínek je neodmyslitelnou součástí CAM systému. Umožní virtuální pohled na rozměry a tvar. Tím zabrání případné kolizi držáku nástroje nebo samotného nástroje s těmito přípravky.

2 TEORIE UPÍNACÍCH PŘÍPRAVKŮ

Upínací přípravek je pomocný přístroj, který je používán k pevnému uchycení obráběné součásti, zajištění polohy součásti a vedení součásti při obrábění. Přípravky pomáhají zajistit zvýšení produktivity a jakosti, nebo je jejich použití nutností, aby bylo možné uskutečnit obráběcí operaci.

Konstrukce upínačů je flexibilní a mění se podle potřeb obrábění, použití přípravků, druhu a možností výroby, nebo jejich určení. Dále je potřeba navrhovat přípravky pro upínání polotovarů různých velikostí a tvarů, ale totožného typu, kvůli jejich univerzálnosti. Menší obrobky jsou většinou upínány do strojních svěráků, sklopných a otočných svěráků nebo specifických svěráků pro upínání válcových součástí. Rozměrově větší obrobky se upínají pomocí různých upínacích pomůcek jako upínky, podpěrky, opěrky, atd. Univerzální přípravky urychlují upnutí a zároveň dovolují upnout za potřebný rozsah rozměrů. Zahrnout zde můžeme univerzální sklíčidlo, dělicí přístroje, otočný stůl a podobně. Při sériové výrobě je vhodné použití jednoúčelových upínacích přípravků, které zajišťují jednoznačné a rychlé zajištění polohy pro obrábění a tím zvyšují produktivitu. [5], [6]

Jelikož při frézování vznikají velké řezné síly vlivem záběru několika zubů najednou, je řádné upnutí obrobku důležité. Při takovém upnutí je nutno splnit několik podmínek:

- Pevné a spolehlivé upnutí,
- upínací plocha zvolena co nejbližže vřetenu,
- vlivem upnutí nesmí dojít k deformaci obrobku,
- dokonalé uložení obrobku ve vhodné poloze.

Volba způsobu upnutí a upínacích prostředků závisí na několika aspektech:

- Velikost obrobku,
- druh obrobku,
- druh a způsob obrábění,
- požadovaná přesnost obrábění,
- počet obráběných kusů.

3 TVORBA DATABÁZE UPÍNACÍCH PŘÍPRAVKŮ

Práce se vyjma teoretické části zabírá tvorbou databáze upínacích přípravků pro obráběcí stroje katedry Obrábění, montáže a strojírenské metrologie. Reálné upínací přípravky používané v prostorách VŠB-TUO jsem naměřil a následně vymodeloval do 3D fiktivního modelu odpovídající geometrie a rozměrů pomocí programu Autodesk Inventor 2015. Dále jsou tyto modely převedeny do programu Solidworks pro možnost simulace a verifikace procesu obrábění při použití těchto upínacích přípravků v systému CAM. Důležitá data jsou shrnuta do přehledné tabulky za cílem snadného zvolení vhodného upínače z upínacích přípravků katedry pro aktuální proces obrábění. To má za účel zjednodušit a zefektivnit výrobu na strojích katedry, ale také výuku CAM systémů. Přípravky se dělí použitím pro stroj DMU 50 a menší stroj EMCO PC Mill 155.

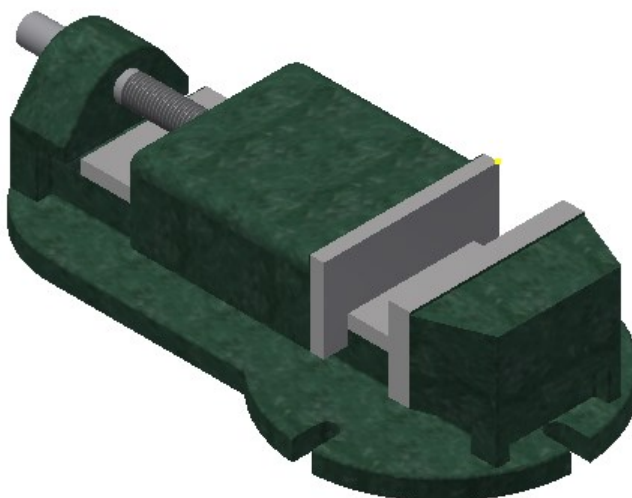
S panem doc. Ing. Markem Sadílkem, Ph.D jsme řešili otázku uložení počátku souřadného systému jednotlivých upínačů. Varianta uložení tohoto bodu jednotlivých upínacích přípravků je zvolena a popsána pro každý přípravek individuálně.

3.1 Strojní šroubový svěrák

Tento typ svěráku patří mezi nejpoužívanější a nejrozšířenější upínací zařízení. Používá se k upínání obrobků menších rozměrů na frézkách, hoblovkách, vrtačkách a dalších obráběcích strojích. Sevřením čelistí pomocí šroubu upíná obrobek za použití ruční kliky. Přední čelist se v uložení chová jako pevná a druhá zadní čelist jako posuvná. Ta je při upínání obrobku tažena proti čelisti pevné, díky tomu působí výslednice řezných sil vzniklých při obrábění proti čelisti pevné. Dále pevná čelist slouží k jednoznačnému opření plochy obrobku v upínacím přípravku a udává tak přesnou polohu vůči obráběcímu stroji. Čelisti jsou opatřeny výměnnými kalenými vložkami. Svěrák je vybaven základnou, opatřenou podélnou a příčnou drážkou (v případě svěráku C pouze příčnou drážkou) se dvěma středícími vložkami, sloužícími k uchycení na pracovní stůl stroje pomocí upínacích šroubů. Tělo svěráku je vyrobeno z ocelolitiny. Plochy, které vedou čelisti, jsou kaleny. [5], [6]

Použití nachází při kusové výrobě. Při upínání musí být všechny plochy na které dosedá obrobek očištěny a odstraněny třísky z předchozího obrábění. V opačném případě by došlo k vzniku nepřesností při výrobě vlivem nesprávné polohy obrobku nebo chvěním obrobku. Katedra používá tři typy takto řešeného svěráku.

3.1.1 Strojní šroubový svěrák A:



Obr. 1 – 3D model svěráku A

Svěrák je používán k upínání při obrábění na stroji DMU 50. V tabulce upínací přípravy zaujímá číslo 1. Jeho geometrické rozměry jsem naměřil. Následně byl vymodelován do 3D modelu. Nulový bod je uložen uprostřed spodní hrany pevné čelisti.

Velikost strojního svěráku je dána parametry čelistí a jejich rozevřením. Rozměry čelistí tohoto strojního svěráku jsou:

- Výška 40 mm,
- šířka 125 mm,
- rozevření čelistí 97 mm.

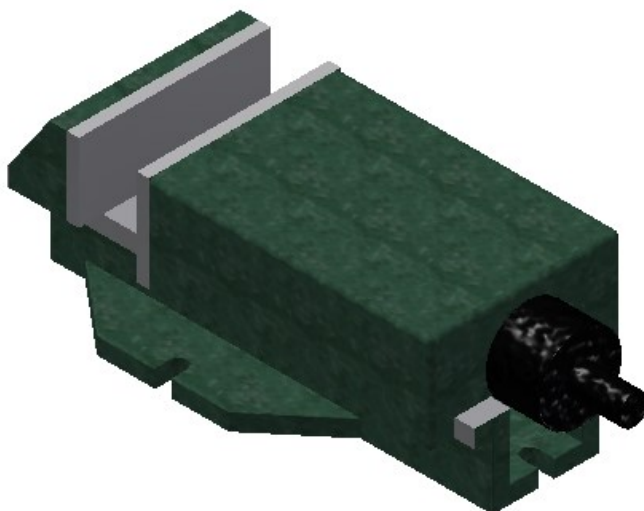
Na velikost a bezpečnost upnutí má vliv především délka vedení posuvné čelisti a průměr upínacího šroubu. V tomto případě:

- Délka vedení posuvné čelisti 145 mm,
- průměr upínacího šroubu 20 mm.

Největší rozměry svěráku:

- Výška 95 mm,
- délka svěráku i s upínacím šroubem 395 mm,
- šířka podstavy svěráku 200 mm.

3.1.2 Strojní šroubový svěrák B:



Obr. 2 – 3D model svěráku B

Svěrák je používán k upínání při obrábění na stroji DMU 50. V tabulce upínací přípravy zaujímá číslo 2. Jeho geometrické rozměry jsem naměřil. Následně byl vymodelován do 3D modelu. Nulový bod je uložen uprostřed spodní hrany pevné čelisti. Z rozměrů plyne, že svěrák B je sice rozměrnější, ale dokáže vyvodit větší upínací sílu a upnout polotovary větších rozměrů.

Velikost strojního svěráku je dána parametry čelistí a jejich rozevřením. Rozměry čelistí tohoto strojního svěráku jsou:

- Výška 65 mm,
- šířka 160 mm,
- rozevření čelistí 127 mm.

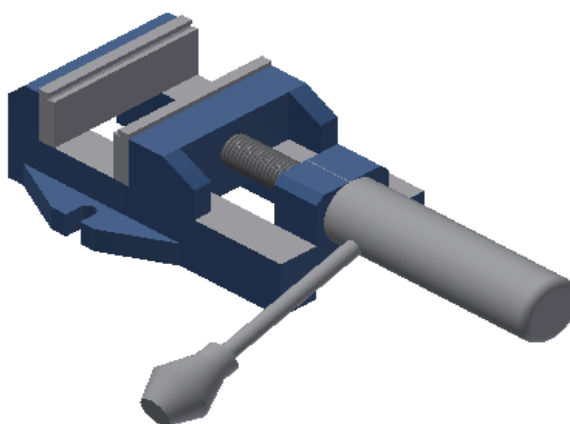
Na velikost a bezpečnost upnutí má vliv především délka vedení posuvné čelisti a průměr upínacího šroubu. V tomto případě:

- Délka vedení posuvné čelisti 245 mm,
- průměr upínacího šroubu 25 mm.

Největší rozměry svěráku:

- Výška 135 mm,
- délka svěráku i s upínacím šroubem v maximálním rozevření čelistí 522 mm,
- šířka podstavy svěráku 190 mm.

3.1.3 Strojní šroubový svěrák C:



Obr. 3 – 3D model svěráku C

Svěrák je používán k upínání při obrábění na stroji EMCO PC Mill 155. V tabulce upínací přípravy zaujímá číslo 9. Jeho geometrické rozměry jsem naměřil. Následně byl vymodelován do 3D modelu. Primárně slouží k upnutí pomocí plochy čelistí. Můžeme využít i způsob upnutí za 4 mm širokou drážku čelistí. Tento způsob upnutí umožní polotovar obrábět ve větším rozsahu, díky malé upínací ploše. Nulový bod je uložen uprostřed spodní hrany pevné čelisti.

Velikost strojního svěráku je dána parametry čelistí a jejich rozevřením. Rozměry čelistí tohoto strojního svěráku jsou:

- Výška 35 mm,
- šířka 100 mm,
- rozevření čelistí 94 mm.

Na velikost a bezpečnost upnutí má vliv především délka vedení posuvné čelisti a průměr upínacího šroubu. V tomto případě:

- Délka vedení posuvné čelisti 30 mm,
- průměr upínacího šroubu 20 mm.

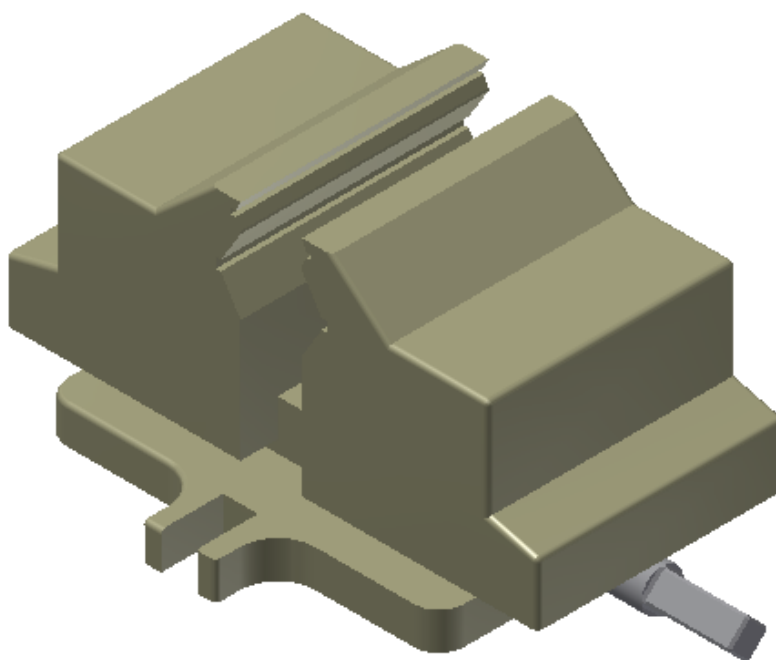
Největší rozměry svěráku:

- Výška 71 mm,
- délka svěráku i s upínacím madlem 330 mm,
- šířka podstavy svěráku 140 mm.

3.2 Samostředící čelistový svěrák šroubový

Univerzální upínací zařízení určené k upínání tvarově a technologicky podobných obrobků v rozsahu určitých rozměrů. Používáno u stroje DMU 50. Tento samostředící čelistový svěrák je uplatněn k přesnému ustavení a upnutí válcových polotovarů. Sevřením prizmatických čelistí pomocí šroubu upíná obrobek za použití ruční kliky. Přičemž jedna čelist se v uložení chová jako posuvná a druhá pevná. Tento typ svěráku patří mezi nejpoužívanější a nejrozšířenější upínací zařízení. Používá se k upínání obrobků menších rozměrů na frézkách, hoblovkách, vrtačkách a dalších obráběcích strojích. Svěrák je vybaven základnou, opatřenou příčnou drážkou se dvěma středícími vložkami, sloužícími k uchycení na pracovní stůl stroje pomocí upínacích šroubů. Těleso svěráku bylo vyrobeno z ocelolitiny, čelisti jsou kaleny a na těleso svěráku upevněny. Při upínání musí být všechny plochy, na které dosedá obrobek očištěny a odstraněny třísky z předchozího obrábění. Pokud nejsou plochy takto upraveny, mohlo by dojít k vzniku nepřesností při výrobě vlivem nesprávné polohy obrobku nebo chvěním obrobku. Uplatnění nachází při kusové výrobě. [5], [6]

Přípravek je v tabulce veden pod číslem 3. Jeho rozměry jsou naměřeny a vymodelovány do 3D modelu. Nulový bod je uložen uprostřed spodní hrany pevné čelisti.



Obr. 4 – 3D model samostředícího čelistového svěráku

Velikost strojního svěráku je dána parametry čelistí a jejich rozevřením. Rozměry čelistí tohoto strojního svěráku jsou:

- Výška 75 mm,
- šířka 100 mm,
- rozevření čelistí 27 mm.

Přičemž můžeme využít dvě prizmatické drážky, vedené přes celou šířku čelistí. Menší drážka je v rozměrech:

- Výška 10 mm,
- hloubka 2 mm,
- úhel nastavení dosedacích ploch 125° .

Větší drážka v rozměrech:

- Výška 30 mm,
- hloubka 8 mm,
- úhel nastavení dosedacích ploch 125° .



Obr. 5 – Detail rozevření prizmatických čelistí

Velikost a bezpečnost upnutí ovlivňuje především délka vedení posuvné čelisti a průměr upínacího šroubu. V tomto případě:

- Délka vedení posuvné čelisti 80 mm,
- průměr upínacího šroubu 17 mm.

Největší rozměry svěráku:

- Výška 120 mm,
- délka svěráku i s upínacím šroubem 250 mm,
- šířka svěráku 100 mm.

3.3 Centrální upínač CU-T 77

Upínač firmy KASTR je speciálním typem centrického upínače. Používán u stroje DMU 50. Vybaven tvrdými zoubkovanými čelistmi, zkonstruován primárně pro 4 osé a 5 osé obrábění. Mnohé využití najde i na tříosých obráběcích centrech. Tento produkt pro upínání byl navržen tak, aby byl univerzální a naprosto spolehlivý pro zajištění kratšího přípravného času obrábění. Díky své menší velikosti umožní polotovar obrábět z více stran na jedno upnutí a využít plně pracovní prostor stroje. Spolehlivost upnutí s menší velikostí svěráku neklesá. Pevně a jistě udrží jak malý, tak velký kus. Polotovar upínáme za pouhé 3 mm, přesto bezpečně udrží až dvacetinásobek své vlastní váhy, při jakémkoli naklonění a průběhu hrubovacích operací.



Obr. 6 – Svěrák CU-T 77 společnosti KASTR [8]

Pokud používáme centrální upínače, je nutné nejprve předznačit otisk zubů na hydraulických zařízeních. Jinak takové přípravky nejsou schopny vyvinout potřebnou upínací sílu. Upnutí tvarových dílů se provádí s hydraulickým předznačováním, když nejsou jednotlivé upínače rovnoběžné a velmi komplikované. Takové předznačování bývá nákladné a často nemožné. Upínač CU-T 77 aplikujeme bez předznačení otisku zubů. Tím má velmi pozitivní vliv na ekonomiku výroby. Přípravek také likviduje vibrace, které vznikají při obráběcím procesu. Díky této vlastnosti lze na tuhém stroji, za použití dobrého nástroje, vhodných řezných podmínek při čelním frézování dosahovat běžně jakosti povrchu až Ra 0,2. [8]



Obr. 7 – Otisk čelistí na obráběném dílci [8]

Přípravek nabízí širokou variabilitu a možnosti ustavení. Upínač lze jednoduše ustavit do křížové drážky, aniž by tělo svěráku přesahovalo šířku čelistí. To nám umožní použití více upínačů najednou, pro upnutí rozměrnějších a objemnějších obrobků. Uspořádání je rozmanité.

Životnost čelistí se jeví prakticky neomezená, pokud je svěrák využit u obrábění slitin hliníku a mědi. Pokud upínáme ocel do tvrdosti 20 HRC, životnost se pohybuje v desetitisících upínacích cyklů. Samozřejmě lze upínat i nerezové, legované i nelegované zušlechťené oceli do tvrdosti až 40 HRC.

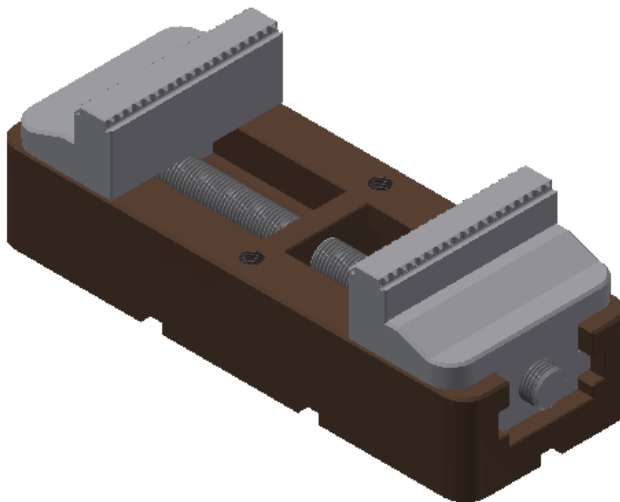
Upínač byl konstruován tak, aby jeho boční upínací moduly šly lehce měnit a otáčet o 180°. Nasazením středového upínacího modulu svěrák změníme na dvojitý upínač. Lehkou výměnou šroubu a osazením středové čelisti, dosáhneme možnosti eventuálního upnutí 2 kusů a tím ještě většímu zrychlení a zefektivnění výroby. Pokud budeme chtít upínat znovu větší polotovary, můžeme kdykoli překonfigurovat přípravek zpátky do původní podoby bez nutnosti demontáže tělesa. Upínač tedy nabízí čtyři upínací varianty s rozdílnými upínacími rozsahy.

Centrální upínač KASTR CU-T 77 splňuje všechny požadavky na moderní upínací přípravek, tak aby byl plně využit potenciál obráběcího stroje. [8]

Geometrické rozměry upínacího přípravku jsem našel na internetových stránkách prodejce a použil je k tvorbě 3D modelů jednotlivých variant upnutí. V tabulce upínací přípravky je veden pod číslem 4.

3.3.1 Varianta upnutí A:

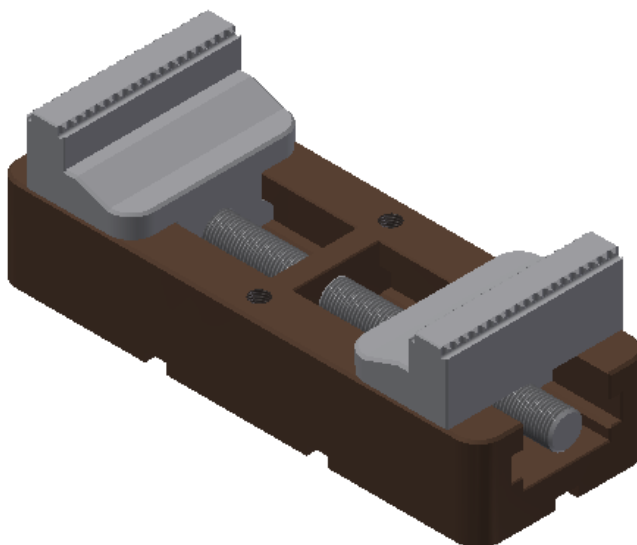
Upnutí v rozsahu čelistí 3 mm až 118 mm. Bez použití středového upínacího modulu. Nulový bod je uložen uprostřed svěráku na hraně sevřených čelistí.



Obr. 8 – 3D model varianty upnutí A

3.3.2 Varianta upnutí B:

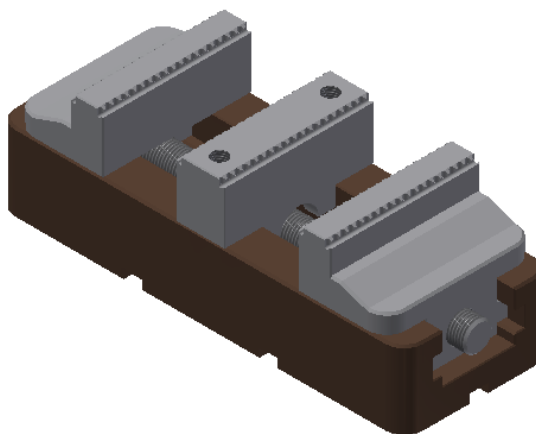
Upnutí v rozsahu čelistí 75 mm až 190 mm. Bez použití středového upínacího modulu. Nulový bod je uložen uprostřed svěráku ve výšce hrany čelistí.



Obr. 9 – 3D model varianty upnutí B

3.3.3 Varianta upnutí C:

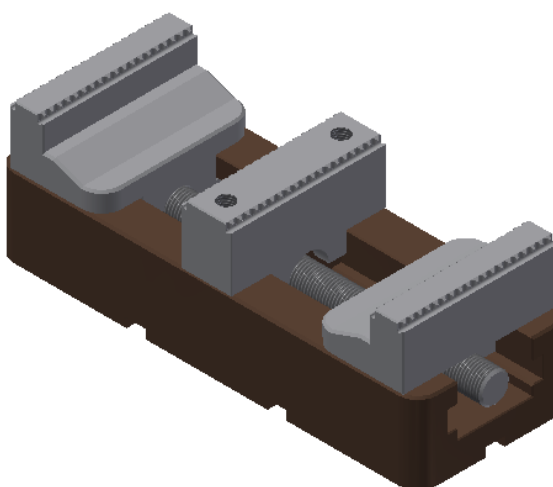
Upnutí v rozsahu čelistí 3 mm až 48 mm. Použití středového upínacího modulu. Tedy možnost upnutí dvou polotovarů v tomto upínacím rozsahu. Nulový bod je uložen uprostřed hrany čelisti středového modulu.



Obr. 10 – 3D model varianty upnutí C

3.3.4 Varianta upnutí D:

Upnutí v rozsahu čelistí 33 mm až 84 mm. Použití středového upínacího modulu. Dovoluje upnutí dvou obrobků v tomto upínacím rozsahu. Nulový bod je uložen uprostřed hrany čelisti středového modulu.



Obr. 11 – 3D model varianty upnutí D

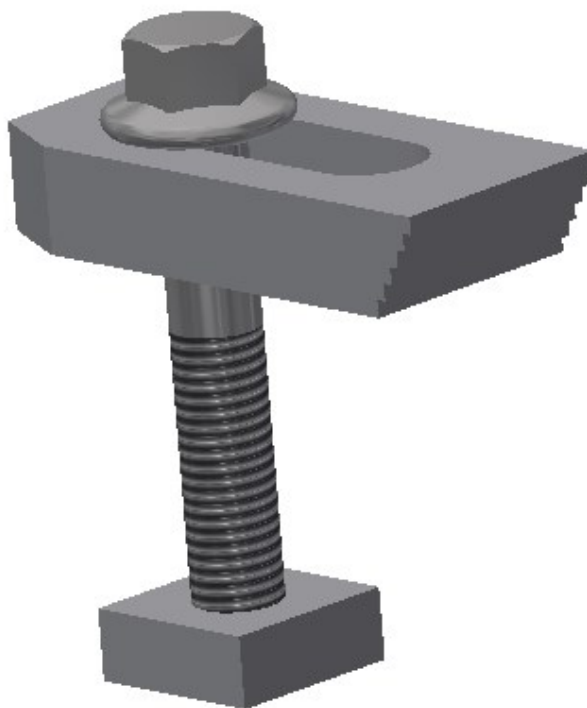
3.4 Upínky na pracovní stůl stroje

Upínání tvarově složitějších součástí, obrobků větších rozměrů, výkovků a odlitků provádíme přímo na pracovní stůl stroje DMU 50. Na takové upnutí se používají ploché posuvné upínky. Dále je potřeba k upnutí šroub s čtvercovou maticí a upínací matice. Při upínání dbáme, aby upínací šrouby byly co nejbližší k upínanému obrobku. Používány jsou šrouby velikosti M10 a matice M10. Druhý konec upínky se musí opírat o stupňovitou podložku ve stejné výšce jako v místě upnutí polotovaru. Upínací síly nesmí deformovat obrobek, ale přesto musí být dostatečné k bezpečnému a pevnému upnutí.

Používány při obrábění u stroje DMU 50. V databázi vedeny pod číslem 5. Sada upínek obsahuje upínky třech rozměrů, každý rozměr po dvou kusech. Jednotlivé upínky jsou naměřeny a vymodelovány do 3D modelu pro potřeby katedry. Nulový bod je volen uprostřed spodní hrany přední plochy upínky.

Velikosti upínek:

- Malá v délce 64 mm, šířce 28 mm a výšce 12 mm,
- střední v délce 100 mm, šířce 31 mm a výšce 18 mm,
- velká v délce 145 mm, šířce 31 mm a výšce 22 mm.



Obr. 12 – 3D model upínky malých rozměrů

3.5 Samostředící univerzální sklíčidlo IUS

Sklíčidla se nejčastěji používají k upínání rotačních obrobků střední velikosti. Hlavní částí sklíčidla je těleso, v drážkách tělesa jsou uloženy radiálně přestavitelné čelisti. Sklíčidlo používané u stroje DMU 50 je čtyřčelist'ové, se současně přestavitelnými čelistmi. Je tedy univerzální a samostředící. Všechny čelisti se pohybují současně a symetricky k ose sklíčidla. Upnutí se uskutečňuje ručně pomocí nástrčného klíče.

Typ sklíčidla: Sklíčidlo IUS - s tvrdými vnějšími SCV a vnitřními SCN čelistmi, 243801, 250/4-2-M1, 254210

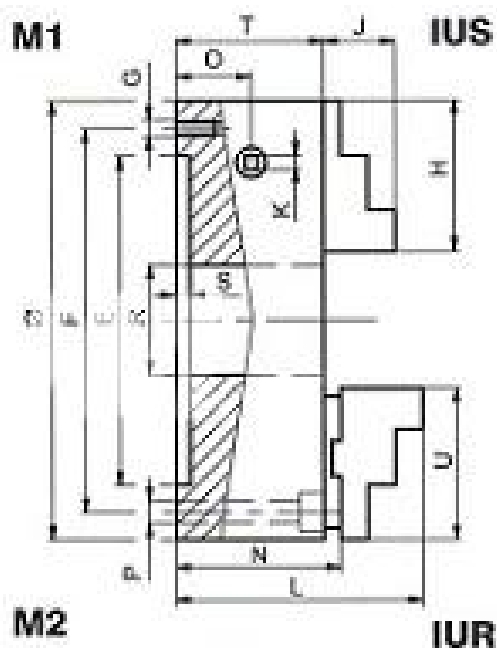


Obr. 13 – Sklíčidlo IUS společnosti TOS Svitavy [19]

Sklíčidlo společnosti TOS Svitavy IUS se používá v provedení se čtyřmi čelistmi, ve standardní přesnosti a typu upínání M1. Dodáváno se sadou tvrdých vnitřních čelistí SCN a sadou tvrdých vnějších čelistí SCV (M2 IUR). Těleso sklíčidla je vyrobeno z tvárné litiny. Funkční plochy jsou broušené, aby zajistily přesnost upínání a prodloužily životnost sklíčidla. Sklíčidlo obsahuje kalená a broušená ocelová pera pro vedení čelistí a upnutí sklíčidla na pracovní stůl stroje. Váha sklíčidla toho průměru je 22,2 kg. Upnutí na pracovní stůl stroje se realizuje pomocí lící desky, upínacího sloupu a upínacích šroubů. Styl upnutí sklíčidla záleží na požadavcích daného obráběcího procesu. Dále je možnost využití měkkých dělených čelistí MD typ 243876. [18]

Parametry sklíčidla: [19]

- Průměr 250 mm
- Upínací rozsah E 5 – 107 mm
- Upínací rozsah F 5 – 125 mm
- Upínací rozsah G 68–162 mm
- Upínací rozsah H 156 – 256 mm
- Upínací rozsah J 60 – 186 mm
- Upínací rozsah K 124 – 247 mm
- Upínací rozsah L 5 – 107 mm
- Upínací rozsah N 66 – 168 mm
- Upínací rozsah O 154 – 256 mm
- Upínací rozsah P 83 – 206 mm
- Upínací rozsah R 147 – 270 mm
- Upínací rozsah S max. 314 mm
- Upínací rozsah T max. 328 mm
- E H7 – 210 mm
- $F \pm 0,2$ – 226 mm
- G – 3xM10 mm
- H – 97,5 mm
- J – 33 mm
- K – 12 mm
- L – 143,5 mm
- N – 93,5 mm
- O – 29,5 mm
- P – 4x11 mm
- R – 78 mm
- S – 5 mm
- T – 82 mm
- U – 91 mm



Obr. 14 – Náhled rozměrů sklíčidla [19]

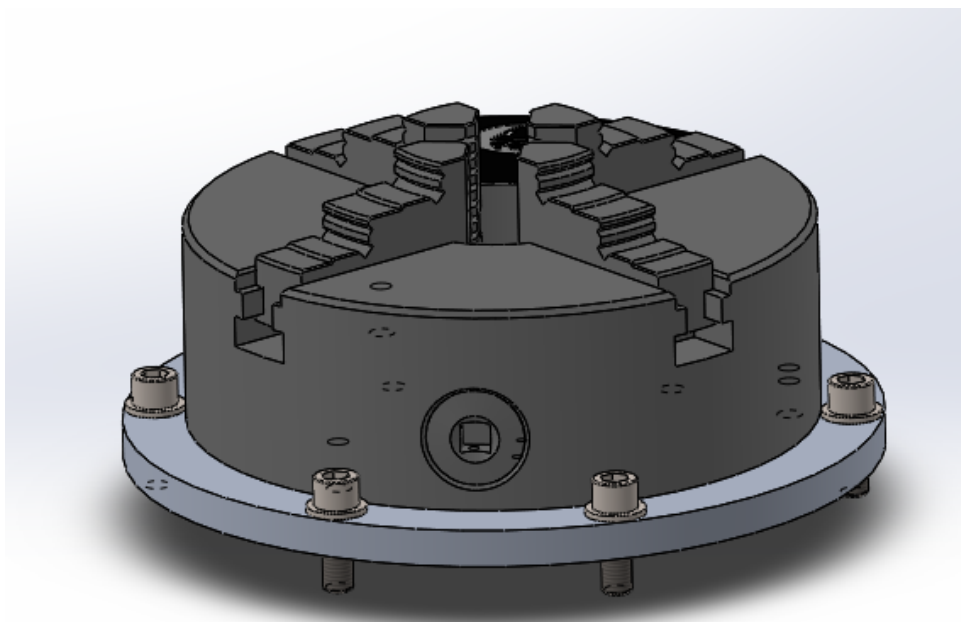
Upnutí sklíčidla na pracovní stůl stroje uskutečníme pomocí lící desky s upínacími šrouby, nebo pomocí sloupu s upínacími šrouby. Volba varianty závisí na aktuálních podmínkách obráběcího procesu a lepším využitím pracovního prostoru stroje.

Nulový bod je volen v ose sklíčidla. Model upínacích variant mi poskytl vedoucí práce pro zařazení do databáze.

3.5.1 Čtyřčelistové sklíčidlo IUS s lící deskou

Lící desky se používají k upínání válcových obrobků a obrobků s obecnými tvary při obrábění na soustruzích. Používaná je zde jiná varianta lící desky, která nevyužívá k upnutí pohyblivé čelisti. U stroje DMU 50 se lící deska primárně používá k upínání samostředícího univerzálního sklíčidla ISU k pracovnímu stolu stroje. Zajišťuje bezpečné a pevné upnutí.

V tabulce upínací přípravy vedeno pod číslem 6. Pro upnutí na pracovní stůl stroje jsou využívány šrouby M12 x 35 ISO 4762 s podložkou M12 standardní ISO 7089. K upnutí sklíčidla používány šrouby M12 x 25 ISO 4762. Výška přípravku od spodní hrany po horní hranu vnitřních čelistí SCN je 130 mm. Výška přípravku od spodní hrany po horní hranu vnějších SCV je 158,5 mm.

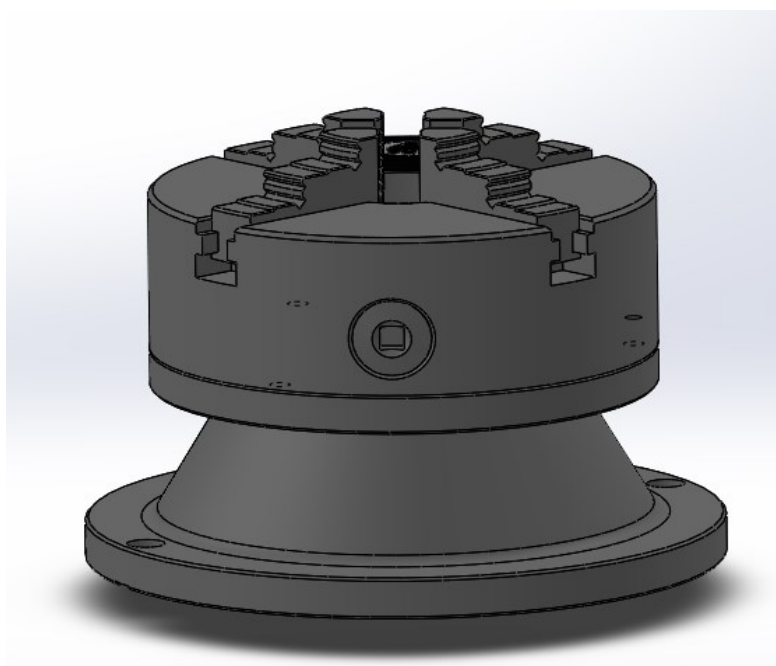


Obr. 15 – 3D model upnutí pomocí lící desky

3.5.2 Čtyřčelist'ové sklíčidlo IUS s upínacím sloupem

Tento upínací sloup slouží k upnutí samostředícího univerzálního sklíčidla ISU. Jeho použití závisí na potřebách obrábění. Používá se podobným způsobem jako lící deska. Pozitivní vlastností je zvýšení výšky, ve které se nachází obrobek při obrábění.

V tabulce upínací přípravky vedeno pod číslem 7. Pro upnutí na pracovní stůl stroje jsou využívány šrouby M12 x 35 ISO 4762 s podložkou M12 standardní ISO 7089. K upnutí sklíčidla používány šrouby M12 x 25 ISO 4762. Výška přípravku od spodní hrany po horní hranu vnitřních čelistí SCN je 224,5 mm. Výška přípravku od spodní hrany po horní hranu vnějších SCV je 241,5 mm.



Obr. 16 – 3D model upnutí pomocí sloupu

3.6 Magnetické upínače

Magnetické upínače využívají pro vznik upínacích sil magnetického pole, vznikajícího účinkem permanentních magnetů, nebo účinkem stejnosměrného proudu. Magnetické upínače se vyznačují vysokými hodnotami přídržné síly. Vyžadují kontakt s obrobkem pouze z jedné strany, díky čemuž lze obrábět polotovary z pěti stran. Při upnutí nedochází k deformaci obrobku upínacími silami, protože je plošně podepřen v celé upínací ploše. Díky upnutí v ploše se magnetické upínače vyznačují velkou mírou tlumení vibrací, vznikajících při obráběcím procesu. Mají nízkou spotřebu energie.

Obrobek musí být z materiálu s dostatečnou magnetickou vodivostí. Nejvhodnější materiály dílců, které se dají magneticky upínat, jsou nízkouhlíkové oceli. U materiálů s vysokým obsahem uhlíku jako litina se dosahuje polovičních upínacích sil proti ocelím s nízkým obsahem uhlíku. Taktéž nemagnetické prvky obsažené ve vysokolegovaných ocelích výrazně snižují upínací síly.

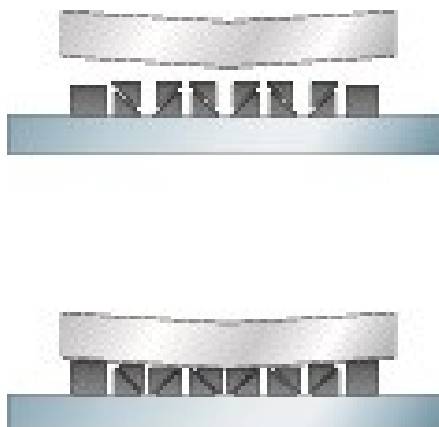
Nezbytná podmínka magnetického upínání je zajištění plošného kontaktu upínané plochy s upínačem. Jinak vzniká vzduchová mezera, která brání průniku magnetických siločar. Příčinou vzduchové mezery bývají nerovnosti upínané plochy, okraje nebo rez. Tyto příčiny je potřeba eliminovat na minimum. [5], [7]

3.6.1 Magnetická deska Schunk

Technologie čtvercových pólů MAGNOS je ideálním řešením upínání pro náročné řezné procesy od společnosti Schunk. Umožňuje energeticky úsporné a bezpečné upínání pro všechna obráběcí centra. Dobrý přístup k obrobku. Díky šetrnému upnutí nedochází k deformacím polotovaru. Pevné a pohyblivé nástavce zaručují optimální přizpůsobení upínací plochy na obrobek a upnutí bez vibrací. Tyto vlastnosti zaručují vysoké hodnoty kvality obráběného povrchu.

Sada používaná u stroje DMU 50 obsahuje:

- Upínací desku se čtvercovými póly,
- řídicí jednotku,
- 25 pólových nástavců, z toho 3 pevné pólové nástavce a 22 pohyblivých nástavců.



Obr. 17 – Přizpůsobení upínací plochy [20]

Přizpůsobení upínací plochy zaručuje bezpečné upnutí i při větší vzduchové mezeře. Použití je hlavně u obrobků s nerovným povrchem, jako jsou tvarově složité nebo kované dílce. Pro upnutí magnetické desky k pracovní ploše stroje se používají upínací šrouby. [20], [21]

Rozměry magnetické desky jsem v laboratořích naměřil a vymodeloval do 3D modelu pro potřeby simulace v CAM. V databázi je vedena pod číslem 8. Nulový bod je zvolen v levém horním rohu pevného pólového nástavce, uloženého v levém horním rohu upínací desky.



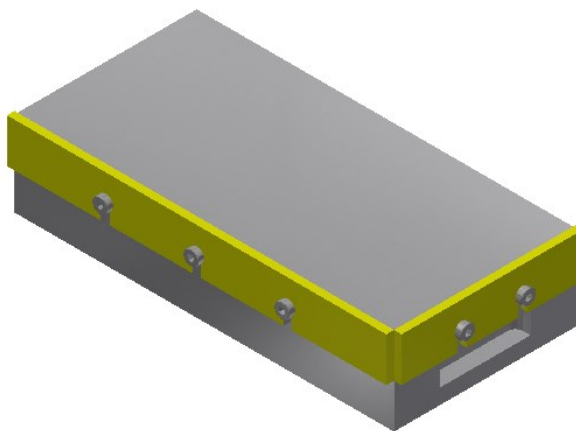
Obr. 18 – Magnetická sada Schunk [21]

3.6.2 Magnetická deska - malá

Tento magnetický upínač je vhodný pro hrubovací operace frézování. Magnetické pole umožňuje obrábět jak malé, tak i větší obrobky. Deska je konstruována s příčným vedením pólů a disponuje magnetickým polem po celém pólovém povrchu desky. Magnetický upínač je vybaven příčnou a podélnou dorazovou lištou, které poskytují 2 mm vysoký doraz. Lišty jsou upnuty k desce pomocí upínacích šroubů. Upnutí desky k pracovnímu stolu stroje se taktéž provádí pomocí upínacích šroubů.

Používá se u stroje EMCO PC Mill 155. Upínací plocha magnetické desky je 120 mm široká a 250 mm dlouhá. Tělo desky je vysoké 56 mm. V tabulce upínací přípravky

je vedena pod číslem 10. Geometrické rozměry jsem naměřil a vytvořil 3D model upínacího přípravku. Nulový bod je vložen do levého spodního rohu upínací plochy. Zde se setkávají dorazové lišty.

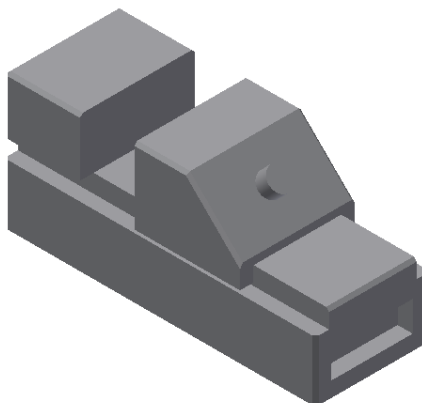


Obr. 19 – 3D model magnetické desky malé

3.7 Upínač – malý svěrák

Používán u obou frézovacích center. Díky svým malým rozměrům je snadno přenosný. Využití nachází při upínání obrobků drobných rozměrů. Upnutí na pracovní stůl stroje se provádí pomocí upínacích šroubů. Maximální rozevření čelistí je 45 mm. Disponuje čelistmi širokými 38 mm a vysokými 20 mm. Jedna čelist je v uložení posuvná.

V databázi zaujímá číslo 11. Jeho geometrii jsem naměřil a vymodeloval. Nulový bod svěráku je vložen na upínací ploše pevné čelisti, uprostřed spodní hrany.














Obr. 20 – 3D model malého svěráku

3.8 Podoba databáze upínacích přípravků

Tabulka 1 – Upínací přípravky katedry Obrábění, montáže a strojírenské metrologie

Číslo	Název přípravku	Náhled	Rozsah upnutí [mm]	Výška čelistí [mm]	Použití u stroje
1	Strojní šroubový svěrák A		0 – 97	40	DMU 50
2	Strojní šroubový svěrák B		0 – 127	65	DMU 50
3	Samostředící čelist'ový svěrák		0 – 27	75	DMU 50
4	Centrální upínač CU-T 77		3 – 190	3	DMU 50
5	Upínky na stůl		–	–	DMU 50
6	Čtyřčelist'ové sklíčidlo IUS s lící deskou		5 – 328	33/50	DMU 50
7	Čtyřčelist'ové sklíčidlo IUS s upínacím sloupem		5 – 328	33/50	DMU 50
8	Magnetická deska Schunk		250 x 250	–	DMU 50
9	Strojní šroubový svěrák C		0 – 94	35	EMCO
10	Magnetická deska – malá		120 x 250	–	EMCO
11	Upínač – malý svěrák		0 – 45	20	DMU 50/ EMCO

Upínací přípravky jsou řazeny stejným číslováním a názvy jako v tabulce i od soupisu adresářů vytvořených přípravků. Adresáře obsahují všechna data, se kterými jsem pracoval. Odkazy uvedené v textu odkazující na databázi nebo tabulku a shodují se s adresáři. Tabulka vhodná k vytisknutí je uvedena v příloze a obsahuje ještě další doplňující informaci, která upřesní použití přípravku.

Název	Datum změny	Typ
 1-Strojní šroubový svěrák A	27. 4. 2016 19:58	Složka souborů
 2-Strojní šroubový svěrák B	27. 4. 2016 19:59	Složka souborů
 3-Samostředící čelistový svěrák	27. 4. 2016 19:59	Složka souborů
 4-Cetrální upínač CU-T 77	28. 4. 2016 17:00	Složka souborů
 5-Upínky na stůl	27. 4. 2016 20:00	Složka souborů
 6-Čtyřčelistové sklíčidlo IUS s lícní deskou	27. 4. 2016 20:05	Složka souborů
 7-Čtyřčelistové sklíčidlo IUS s upínacím sloupem	27. 4. 2016 20:05	Složka souborů
 8-Magnetická deska Schunk	27. 4. 2016 20:03	Složka souborů
 9-Strojní šroubový svěrák C	27. 4. 2016 20:02	Složka souborů
 10-Magnetická deska - malá	27. 4. 2016 20:02	Složka souborů
 11-Upínač - malý svěrák	27. 4. 2016 20:02	Složka souborů

Obr. 21 – Adresář vytvořených přípravků

4 CHARAKTERISTIKA CAM SYSTÉMŮ

4.1 Uplatnění CAM systémů

Použití CAM systému a jeho uplatnění má největší vliv v oblasti výroby tvarově složitých součástí, zápusťek a forem. V současné době se zavádí i v běžné strojírenské výrobě. Umožňuje aplikovat systémový přístup při procesech vývoje výrobku, konstruování, zpracování technologie, testování a korigování chyb. Nové výrobní postupy obrábění (HSC obrábění, suché obrábění), vylepšování pracovních cyklů a uskutečnění speciálních operací vyžaduje užití těchto systémů a číslíkově řízených strojů při kusové i sériové výrobě. Další zaměření softwaru se specializuje v oblastech uměleckého řemesla, výrobce nábytku, šperků či zakázkové strojírenské výroby. Komplexní užití CAM systému je velmi působivé, protože spolu s CAD/CAE systémy zřetelně snižují čas vývoje výrobku, výroby a jeho úvod na trh. [1], [3], [4]

4.2 Charakteristika CAM systému

CAM (Computer Aided Manufacturing) = počítačem podporovaná výroba

Systém, který používá informace o geometrii návrhu, vytvořené v systému CAD prostředí k vygenerování dat a programů pro řízení číslíkově řízených strojů automatické výroby součástí. Programy charakteru CAM dovolují simulovat sled technologických operací a práci jednotlivých nástrojů při obrábění součástí. Po ověření a odzkoušení bezpečného provozu výroby součástí se tímto softwarem vygeneruje program pro řízení CNC strojů. Neobvyklým oddílem CAM systémů je programování výrobních robotů k transportu zpracovaného materiálu mezi operacemi, způsobu uchopení na výrobních strojích a podobných operací. S tímto programováním robotů souvisí další moduly jako CATS, CAA a jiné. [1], [3], [4]

4.3 Práce v CAM systému

Pracovní postup v CAM systémech imituje práci programátora při vytváření vhodně zvoleného obráběcího postupu. Velký význam má zejména automatické programování, které odstraňuje velice zdoluhavé ruční programování. Systémy umožňují simulaci práce

nástroje a úběru materiálu, čímž získáváme důležitou odezvu pro zvolení nejvhodnějšího postupu obrábění součásti.

Nejprve zpracujeme geometrickou část, tedy tvorbu součásti. Složitější součásti je výhodné importovat z prostředí CAD softwarů, které jsou uživatelsky přívětivější. Dále zpracováváme technologickou část:

- Nastavení počátečních podmínek,
- volba jednotlivých cyklů, nástrojů a definování jejich parametrů,
- definování jejich drah a řezných podmínek,
- simulace obrábění a korekce nastavení,
- vygenerování NC programu daným postprocesorem,
- vytvoření dokumentace,
- odladění NC programu pomocí simulačního softwaru a následně na stroji.

Práce v CAM systému tudíž znamená řazení úkonů a instrukcí do stromové struktury v pořadí v jakém mají následovat jednotlivé položky:

- Pohyb nástroje do výměny, reference,
- volba nástroje,
- zapnutí a vypnutí vřetene,
- volba druhu chlazení,
- vložení obráběcích cyklů,
- vložení rychloposuvů a strojních posuvů,
- rotace stolu a nástrojové hlavy, pohyb koníku,
- volba upínek,
- volba dalších strojních funkcí.

Všechny instrukce jsou zaneseny do okna instrukcí, lze je kopírovat, vkládat nebo upravovat podle potřeb obráběcího procesu a technologa. Simulace jsou možné i po jednotlivých skupinách. [1], [3], [4]

5 MOŽNOSTI SIMULACE A VERIFIKACE UPÍNACÍCH PŘÍPRAVKŮ V CAM SYSTÉMU

5.1 Simulace a verifikace

Hodnotná vizualizace a verifikace vytvořeného NC programu výrazně zkvalitňuje proces obrábění a je širokou oblastí CAM systémů. Základní vizualizací a verifikací vytvořeného NC programu je běžně vybavena většina CAM systémů. Tato verifikace nám umožní analyzovat kolizi nástroje s obrobkem nebo upínkami, případný zbytkový materiál nebo podřezání.

Kvalitnější CAM systémy umí simulovat a verifikovat proces obrábění a případné kolize s materiálem, ale také úplný obráběcí stroj v kompletní geometrii, včetně všech pohybů. Můžeme naprogramovat geometrii tvarů nástrojů, držáků, svěráků nebo upínek a po importu řídicího systému stroje simulovat a verifikovat proces obrábění stroje, který se bude chovat jako stroj reálný. Takovými prostředky výrazně zvýšíme spolehlivost obrábění a provedeme kontrolu všech funkcí stroje. Pokud se vyskytnou kolize, jsou zobrazeny v samostatném okně, kde jsou uspořádány a typově rozlišeny. Simulátory jako SolidCAM umožňují jednoduchý přechod ze symbolu kolize na odpovídající řádek NC kódu s chybou.

Neodmyslitelnou součástí CAM systémů jsou simulace držáků, svěráků nebo upínek. Umožňují virtuální pohled na jejich tvar a rozměry. Zabrání tak případné kolizi držáku nástroje nebo nástroje samotného s těmito upínači.

Tyto pokročilejší simulace umožňují vyspělejší systémy jako SolidCAM, EdgeCAM nebo produkty firmy MachineWorks. [1], [3], [4]

5.2 Simulace v Mastercam

Mastercam je nejrozšířenější CAD/CAM systém na světě. Využití nachází při používání na obráběcích a tvářecích strojích. Tento CAM systém je sofistikovaným řešením pro vytváření obrábění pro frézování od 2,5D až 5D. Moderním nástrojem pro vyvážení a editaci modelů, také jeden z nejmodernějších nástrojů CAD, kde lze rychle a jednoduše nakreslit jakýkoliv model nebo design.

Simulace nám poskytuje schopnost bezpečně spustit projekt ve virtuálním pracovním prostředí. Veškeré komponenty stroje a obráběného polotovaru jsou vyobrazeny. Díky tomu můžeme identifikovat potenciální kolize a prozkoumat způsoby, jak optimalizovat jednotlivé obráběcí procesy. Mastercam umožní vidět všechny toky a statistiky obráběcího procesu a přeskočit k jakémukoli bodu obráběcího procesu. To vše při současném prohlížení NC kódu všech kanálů.

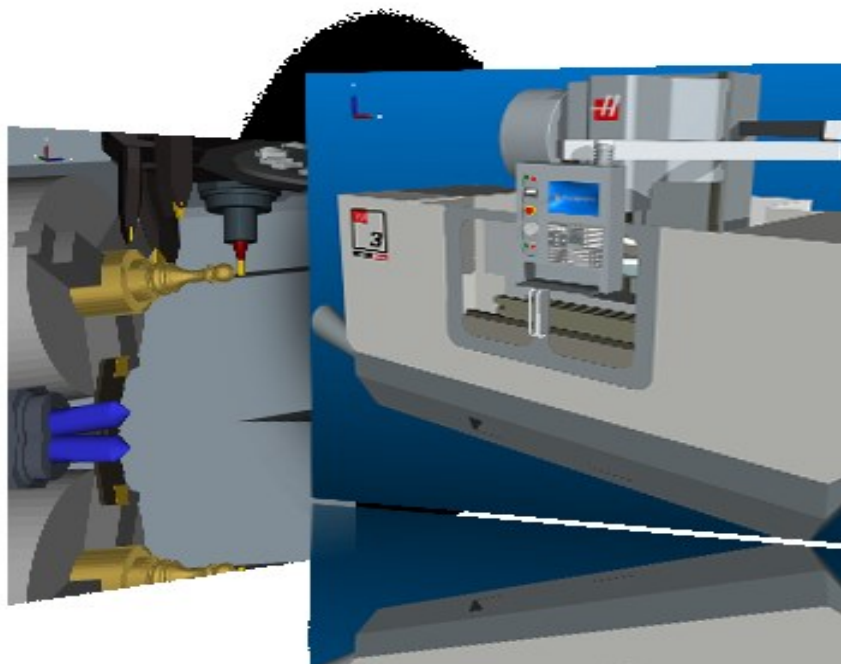
Software umožňuje snadnou kontrolu, zda pohyb přináší přesné požadavky, které chceme od verifikačních nástrojů Mastercamu. Pro podrobnější kontrolu zapneme nebo vypneme úseky obrábění stroje, což umožní prohlížet, zvětšit nebo rotovat dílec. Při vykreslení drah nástroje se zobrazuje informace o obráběcím čase, hodnotách posuvů a otáček. Dále informace o okamžité poloze nástroje a minimálních a maximálních souřadnicích obráběného tvaru.

Produkt Mastercam X8 je používán na katedře Obrábění, montáže a strojírenské metrologie pro tvorbu a simulaci obráběcích procesů a pro výuku studentů. I já jsem tento software využil při tvorbě své práce pro potřebné simulace jednotlivých upínačů. [1], [3], [4], [11]

5.3 Simulace v MachineWorks

Firma, která se stala jedním z největších dodavatelů verifikací pro jednotlivé CAM moduly. Tento modul využívá spousta CAM systémů, např. Catia, EdgeCAM, MasterCAM a jiné. Pro komplexní obrábění umožňuje MachineWorks simulovat kinematiku a geometrii celého stroje, včetně obrobku, upínacích přípravků a nástrojů na obrábění. Díky tomu můžeme detekovat kolize kdekoli v obráběcím prostředí. Podporuje všechny typy CNC obráběcích procesů s jakýmkoliv tvarem nástroje, držáku a upínacího přípravku.

Pomocí softwaru lze obráběcí operace simulovat v reálném čase na CNC kontrolorech. Vytváří fotorealistický pohled na proces obrábění. Uvnitř stroje je často viditelnost omezena nebo zakryta použitým chladičem. Simulace v MachineWorks dovoluje operátorům sledovat průběh obráběcího cyklu s výhodou dynamického otáčení nebo přibližování. Vestavěný inteligentní systém nedovolí přístroji kolizi, díky živému sledování drah nástroje. Tento software se „dívá dopředu“ a pokud rozpozná hrozící náraz, zastaví stroj. [15], [16]



Obr. 22 – Simulace výroby s MachineWorks [17]

5.4 Simulace v SolidCAM

Vlastnosti SolidCAMu a pokročilý modul simulace dovolují vizualizaci přesně toho, jak je obrobek obráběn pomocí všech specifikovaných operací obrábění předtím, než vygenerujeme NC program a spustíte ho na CNC stroji.

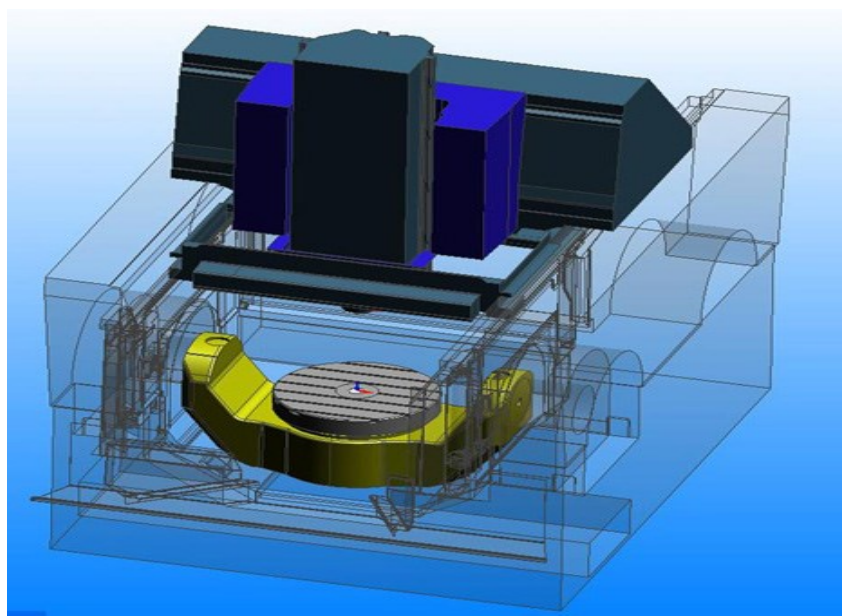
SolidCAM umožňuje specifikaci kompletního CNC stroje pro co možná nejvíce skutečnou a věrohodnou simulaci. Pokročilá simulace stroje v SolidCAMu zobrazuje plnou kinematiku pohybu všech pohybujících se dílů včetně upínacích prvků. Využíváme modelování v sestavě SolidWorks pro přidání svěráku nebo upínače do simulace. Simulace a verifikace zajišťuje plné vyhledání kolizí a monitorování toho jak se nástroj pohybuje kolem každého prvku a kolem součástí. Zvláště užitečné u komplikovaných 4 a 5 osých indexovaných nebo souvislých operací.

Upínací přípravky, které jsou zařazeny do databáze, jsou uloženy také v systému SolidWorks. V této kompatibilitě jsou snadno k vložení do softwaru Mastercam, který katedra využívá k výuce a simulacím obrábění. [14]

5.5 Simulace v EdgeCAM

Edgecam přináší velké spektrum flexibilních frézovacích cyklů. Nejvyšší efektivitu výroby lze docílit jak při výrobě jednoduchých i složitějších prizmatických dílů, tak i tvarových, plošných modelů. Vysoká jakost 3 osých cyklů je doplněna a obohacena o celou škálu 4 a 5 osých plynulých strategií, které zabezpečují flexibilitu a účinnost daného obráběcího procesu. EdgeCAM podporuje simulace kinematiky, všechna horizontální a vertikální obráběcí centra s integrovanými částmi pro mnohonásobné upnutí a také rotační obráběcí aplikace. Úplnou grafiku stroje a všech pohyblivých komponent, včetně upínacích přípravků, můžeme vymodelovat a vložit do postprocesoru. K modelování těchto komponent je vhodný Edgecam Part Modelář, nebo libovolný parametrický CAD systém.

Nejnovější verze EdgeCAM dávají novou funkčnost a snadné využití při podpoře obrábění sestav z Autodesk Inventor. To dovoluje technologovi vložit Autodesk Inventor soubory sestav přímo do EdgeCAM. EdgeCAM Solid obráběč uznává projektované cesty a montážní podskupiny a dodržuje pravidla správy dat Autodesk. EdgeCAM Part Modelář poskytuje moderní nástroj pro modelování, hlavně zaměřený na strojní součásti, specifickou výrobu a upínací přípravky. [12], [13]

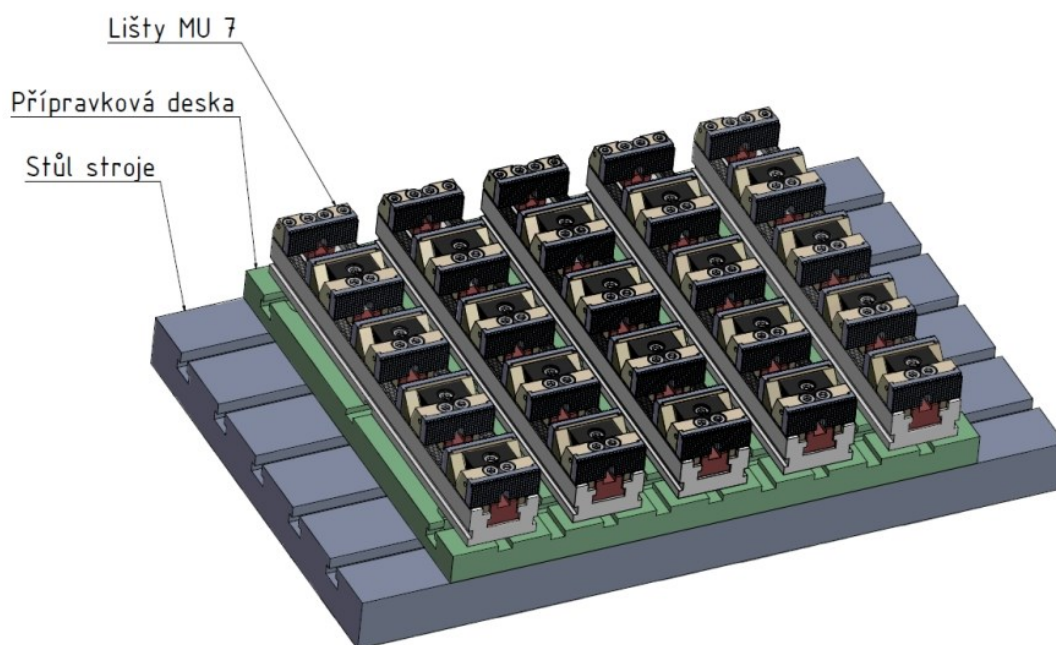


Obr. 23 – Grafická simulace pro bezpečnou kontrolu obrábění v EdgeCAM [13]

6 VÍCENÁSOBNÉ UPÍNÁNÍ OBROBKŮ

Mnohačetné upínače byly vyvinuty pro upínání polotovarů na horizontálních a vertikálních obráběcích centrech. Toto upínání většinou slouží pro upínání obrobků malých rozměrů a většího počtu obrobků najednou. Díky tomu dochází k zvýšení produktivity a snížení nákladů na výrobu. Využívá se plně všech schopností a pracovního prostoru nových obráběcích CNC strojů. Mnohačetné upínání neslouží jen tímto způsobem. Můžeme takto snadno upínat i polotovary větších rozměrů. Při takovém použití zabírají upínací jednotky jen minimum místa, takže můžeme upnout ještě větší polotovar a naplno využít pracovní prostor stroje, než kdybychom nasadili běžné způsoby upínání.

Vícenásobné upínání nachází uplatnění pro menší až střední série obrobků. Snažíme se o nejmenší možné náklady na čas hlavně při seřizování obrobků, upínání a jejich výměně. Zaručení rychlé a přesné výměny obrobků v krátkém čase a při plném využití celkové plochy obráběcího stroje jsou zásadní pro zvýšení produktivity obráběcího procesu.

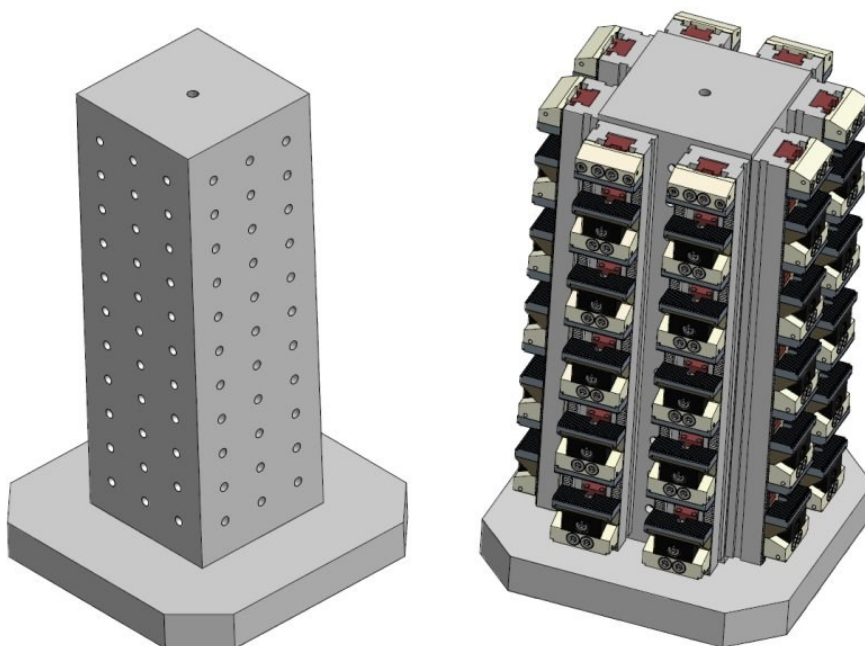


Obr. 24 – Mnohačetný upínač MU7 [9]

Jako příklad uvádím mnohačetný upínač již zmiňované firmy KASTR. Upínače jsou tvořeny lištou, koncovým (krajním) modulem, upínacími moduly a vyměnitelnými čelistmi. Upínání tak probíhá v řadě za sebou. Upínací modul se při uvolňování šroubu vrací zpět do výchozí polohy pomocí integrovaných pružin. Aretační krok je 3 mm a upínací zdvih 6 mm, což umožňuje upínat i nepřesné (rozdílné) přřezy, odlitky nebo

výkovky. Do tvrdých čelistí se upíná pouze za 3 mm. To šetří náklady na materiál. Hlavní výhodou takového upnutí je, že obrobek můžeme obrobit ze všech stran na jedno upnutí. Upínač vyvodí vysokou upínací sílu pomocí upínacího klínu. Čelisti jsou vybaveny zoubkováním a zakousnou se do polotovaru. Díky tomuto materiálovému styku spolehlivě udrží polotovar.

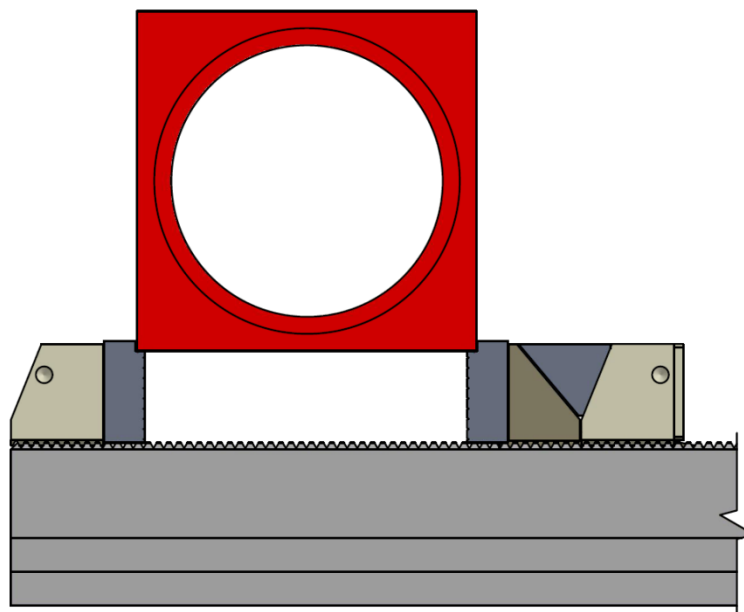
Vícenásobné upínací systémy se stále více používají na vertikálních obráběcích centrech. Pro tento způsob se využívají upínací věže, které umožňují ještě lepší využití pracovního prostoru stroje. Ty se obvykle vyrábí na míru, podle typu používaného stroje.



Obr. 25 – Upínací věž [9]

V souvislosti s vícenásobným upínáním se na vertikálních obráběcích centrech osvědčuje upínat více lišt, pomocí kterých upneme i polotovar větších rozměrů. Upínací přípravky v tomto případě neubírají pracovní prostor stroje. Můžeme tedy upnout i velký obrobek s maximálním využitím pracovního prostoru. Nevýhodou jsou značné nároky na upínací systém. Ty musí obrobek nejen držet vzhledem k silám vznikajícím při obrábění, ale přenést tíhu polotovaru při různě natočených polohách.

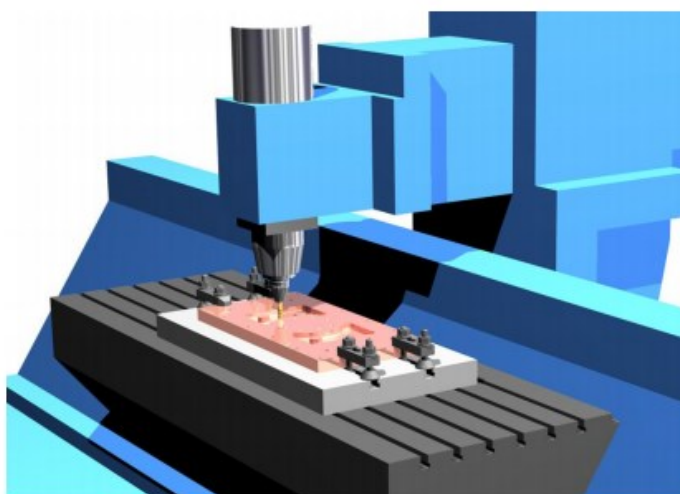
Na následujícím obrázku můžeme vidět upnutí velkého obrobku, za použití více upínacích přípravků. Počet přípravků následujících za sebou závisí na potřebách obráběcího procesu a vlastnostech upínačů. [9], [10]



Obr. 26 – Vícenásobné upínání rozměrného kusu [9]

Simulace těchto mnohočetných upínačů je hodnotná pro co možná nejlepší efektivitu práce a potřebnou simulaci obrábění se strojem. Důležitá je optimalizace výroby za pomoci tohoto typu upínání. V této fázi výroby simulace pomáhá ke zkrácení všech obráběcích časů a má velký vliv na ekonomiku výroby. Proto je simulace těchto upínačů důležitá, jejich použití bez simulace výroby by ztrácela hodnotu.

Dalším hlavním důvodem zavedení těchto mnohačetných upínacích přípravků do CAM systémů je včasné odhalení kolizí. Odhalení kolizí nástroje nebo jeho upínače s upínacími přípravky vrátí uživateli náklady na případné zastavení výroby a opravy škod.



Obr. 27 – Simulace vícenásobného upínání – EdgeCAM [1]

7 VLOŽENÍ UPÍNACÍCH ELEMENTŮ DO SYSTÉMU CAM

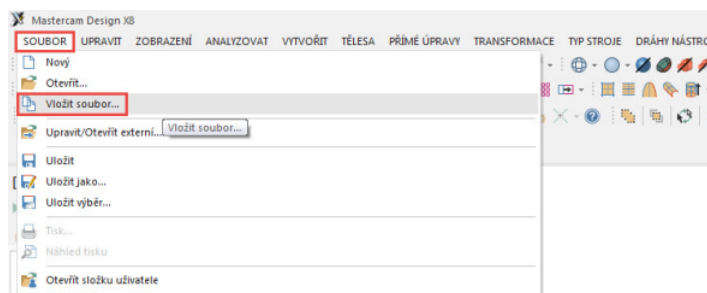
Všeobecně lze upínací přípravky či upínky importovat z CAD systému nebo tyto upínací prostředky vymodelovat přímo v systému CAM.

Obvykle se vkládá mechanický upínač ze systému CAD do systému CAM. Tento model upínače je nutno vymodelovat podle skutečné předlohy. Postup vložení modelu upínacího přípravku se liší podle použitého CAM systému. Obecně je tyto upínací přípravky pracné polohovat vzhledem k polotovaru. Jelikož se zdlouhavé postupy opakují při upínání jednotlivých polotovarů, můžeme vše zefektivnit za pomoci použití makra. Makro je posloupnost mnoha operací nadefinovaná za účelem zefektivnění a zautomatizování často používaných postupů. Své vlastní postupy lze definovat pomocí základních logických funkcí a tím opakující se operace zautomatizovat. [1], [4]

Systémy CAM jsou vybaveny automatickým hlášením kolizí nástroje s upínačem. Umožňují snadnou kontrolu a dalších již zmiňovaných funkcí prospěšných k optimalizaci výroby.

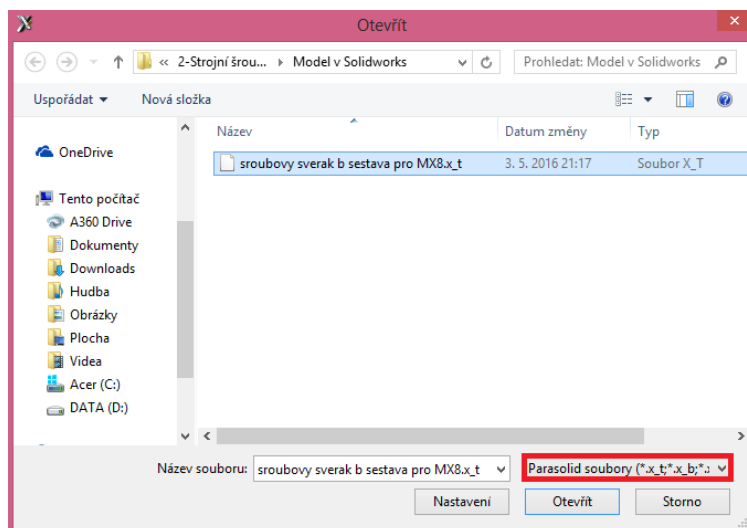
7.1 Postup vkládání upínačů do CAM systému Mastercam

1. Sestava upínacího přípravku se vkládá pomocí „Soubor/Vložit soubor“.



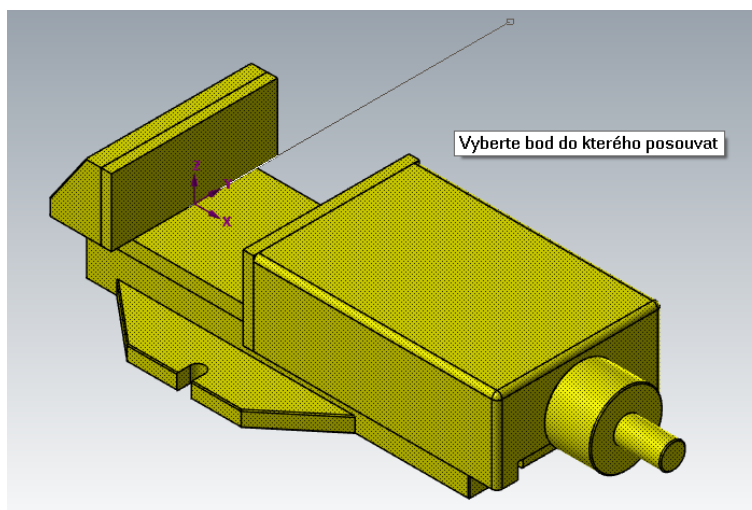
Obr. 28 – Mastercam vložení 1

2. Nastavte si zobrazení dokumentů podle datového formátu „Parasolid“ a vyberte upínací přípravek.



Obr. 29 – Zobrazení datového formátu

- Upínací přípravek je vložen svým nulovým bodem do nulového bodu vašeho souboru. K zapolohování svěráku použijeme funkci „transformace“ příkaz „posunutí“. Nejprve se celý svěrák posune tak, aby pevná čelist doléhala k obrobku, svěrák uchytíme za nulový bod. Poté se přesune pohyblivá čelist k obrobku. Mastercam dokáže najít polovinu hrany obrobku i dané čelisti. Tato schopnost umožní upnout obrobek ve středu upínací plochy. [1]

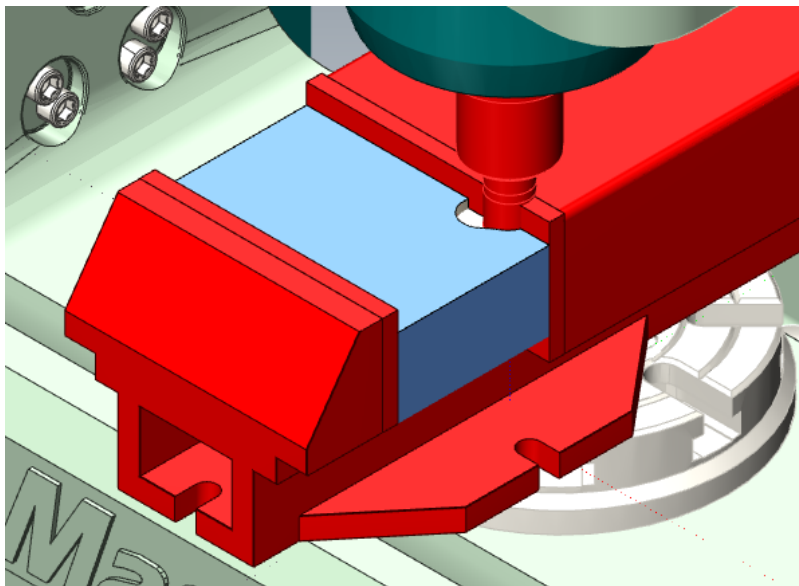


Obr. 30 – Posunutí upínacího přípravku

- Nastavení simulace stroje se provádí před samotným spuštěním simulace ve funkci „simulace stroje“ v příkazu „nastavení spuštění simulace“. Po správném nastavení by měla simulace zobrazovat potenciální kolize a upozorňovat na jejich výskyt chybovým hlášením a zčervenáním kolizních součástí. [1]

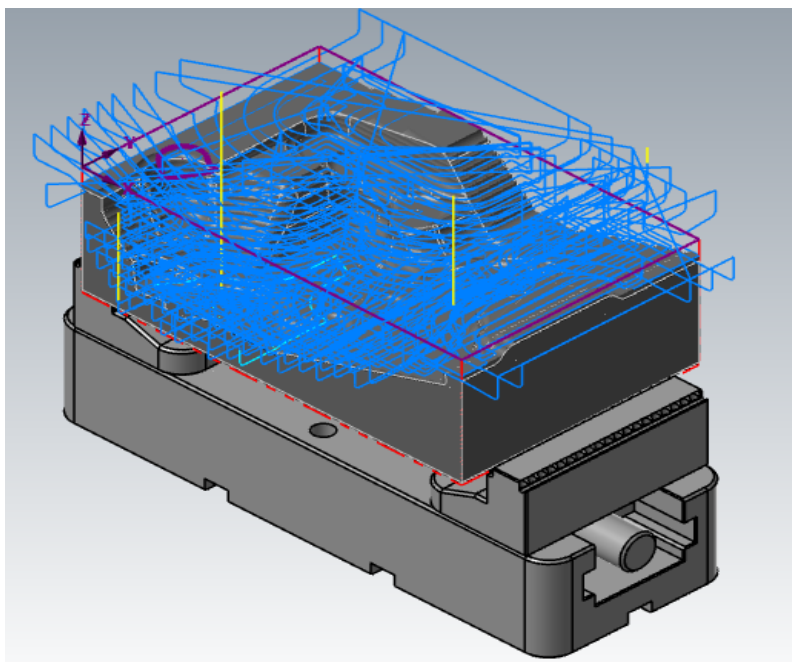
7.2 Ověření funkčnosti upínacích přípravků

Pro ověření jsem využil plné simulace stroje a na obráběný dílec záměrně použil špatně zvolený a zapolohovaný upínač. Hned na začátku simulace je vidět funkčnost upínacích elementů. Můžeme vidět červeně zbarvenou kolizi nástroje s upínačem.



Obr. 31 – Simulace chybného obrábění

Dobře zvolený upínač CU-T 77 zajistí u obráběného dílce svými rozměry bezpečný a správný průběh obráběcího procesu bez kolizí nástroje s upínacím přípravkem.



Obr. 32 – Simulace obrábění dílce s vloženým upínačem CU-T 77

8 ZÁVĚR

V bakalářské práci jsem se v první řadě zabýval tvorbou databáze upínacích přípravků pro obráběcí stroje katedry Obrábění, montáže a strojírenské metrologie. Databáze je zaměřena na upínací přípravky pro operaci frézování u strojů DMU 50 a EMCO PC Mill 155. Nejprve jsem jednotlivé upínače naměřil v prostorách laboratoří katedry tak, abych znal všechny jejich funkční rozměry a plnou geometrii. Přípravky řazené do databáze jsem modeloval do 3D modelů pomocí programu Autodesk Inventor 2015, některé modely mi poskytl pan doc. Ing. Marek Sadílek, Ph.D. Všechny modely jsem převedl z důvodu kompatibility do simulačního programu SolidWorks, kvůli potřebám katedry. Dále budou sloužit pro simulaci obráběcího procesu při výrobě, výzkumu nebo výuce takových procesů.

Jednotlivé upínací přípravky jsou popsány, uvedeny jejich upínací rozsahy a všechno shrnuto do přehledné tabulky. Tabulka slouží jako pomoc k jednoduchému výběru upínacího přípravku a metody upínání, podle potřeb aktuálního obráběcího procesu a obráběného polotovaru. Vybírat lze z upínačů, které se používají v reálné podobě při obrábění na strojích katedry. V praxi by taková databáze mohla znamenat značnou úsporu přípravných časů obrábění a značně kladný vliv na ekonomiku výroby. Upínací přípravky lze snadno vložit do CAM systému Mastercam. Postup vložení v práci popisují.

Druhá část bakalářské práce se věnuje simulaci a verifikaci upínacích přípravků v CAM systému pro operaci frézování. Je zde charakterizován vliv CAM systému při obrábění. Jeho použití a uplatnění. Dále se práce zabývá možnostmi simulace ve zmíněných simulačních programech. Popisována je metodika, využití, klady a zápory simulačních programů při simulaci kompletního obráběcího procesu včetně upínacích přípravků.

V poslední řadě se věnuji možnostem vícenásobného upínání, které dovoluje plné využití pracovního prostoru stroje. Důležité pro tento typ upínání je hodnotná simulace přípravku a obráběcího procesu v kompletní geometrii. Díky takové simulaci můžeme zkrátit obráběcí časy a eliminovat kolize. Zvyšuje se tak hodnota tohoto způsobu upínání a výsledný vliv na ekonomiku výroby.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] SADÍLEK, Marek a Zuzana SADÍLKOVÁ. *Počítačová podpora procesu obrábění* [CD-ROM]. Ostrava: Fakulta strojní VŠB-TUO, 2012. ISBN 9788024827704.
- [2] SADÍLEK, Marek a František KOSAŘ. *Řešené praktické příklady v CSD systému MasterCAM: učební text předmětu "CAD/CAM systémy v obrábění" a "CAD/CAM systémy v obrábění II"* [CD-ROM]. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2012. ISBN 9788024827063.
- [3] SADÍLEK, Marek. *Počítačová podpora výroby* [CD-ROM]. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2011. ISBN 9788024827384.
- [4] SADÍLEK, Marek. *CAM systémy v obrábění I. 2.*, dopl. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2010. ISBN 9788024822785.
- [5] ZEMČÍK, Oskar. *Nástroje a přípravky pro obrábění*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2003. ISBN 8021423366.
- [6] MRKVICA, Miloš. *Přípravky a obráběcí nástroje*. 3. vyd. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 2001. ISBN 8070789417.
- [7] BORO VAN, Petr. *Upínání nerotačních obrobků – 3. část* [online]. [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: <https://www.t-support.cz/kat/upinani-nerotacnich-obrobku-3-cast-10>
- [8] *Centrální upínač CU-T 77* [online]. [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: <http://www.upinace.cz/cu77.php>
- [9] *Upínače MU7* [online]. [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: <http://www.upinace.cz/mu7.php>
- [10] DVOŘÁK, Luděk. *Ekonomické upínání obrobků* [online]. [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/ekonomicke-upinani-obrobku.html>
- [11] *CAD/CAM Software Mastercam* [online]. [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: <http://www.mastercam.cz/kategorie/mastercam-57297>
- [12] *Produkční frézování* [online]. [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: <http://www.edgecamcz.cz/produkty-edgecam/edgecam-frezovani/uvod>
- [13] *Poskytujeme komplexní řešení ve světě obrábění* [online]. [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: <http://www.cad.cz/pdmpm/7-2007/1325-poskytujeme-komplexni-reseni-ve-svete-obrabeni.html>

- [14] *Výkonná dráha nástroje, objemová verifikace a simulace stroje* [online]. [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: <http://www.solidcam.cz/cam-solutions/toolpath-solid-verify-machine-simulation/>
- [15] *Products* [online]. [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: <http://www.machineworks.com/clash-detection/>
- [16] *Products* [online]. [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: <http://www.machineworks.com/full-machine-simulation/>
- [17] *Applications* [online]. [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: <http://www.machineworks.com/machine-tool-manufacturers/>
- [18] *Skličidla IUS a IUR* [online]. [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: <http://www.tossvitavy.com/index.php/sklicidla/samostredici-spiralova-sklicidla/ius>
- [19] *Skličidlo IUS* [online]. [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: <https://www.kovoobrabeci-nastroje.cz/katalog/upinani-9/upinani-obrobku-1926/universalni-sklicidla-136/samostredici-universalni-sklicidla-ius-243801-445/sklicidlo-ius-s-tvrnymi-vnejsimi-scvc-a-vnitrnimi-scvc-celistmi-243801-25042m1254210-4535.html>
- [20] *MAGNOS MFR* [online]. [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: https://de.schunk.com/de_de/spanntechnik/#!/series/magnos-mfr
- [21] *MAGNOS: Performance Line* [online]. [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: http://i0.cz/s/nosf/VdleBY/359226/MAGNOS_Performance_Line_CZ.pdf

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 – 3D model svěráku A	13
Obr. 2 – 3D model svěráku B.....	14
Obr. 3 – 3D model svěráku C.....	15
Obr. 4 – 3D model samostředícího čelistového svěráku	16
Obr. 5 – Detail rozevření prizmatických čelistí	17
Obr. 6 – Svěrák CU-T 77 společnosti KASTR [8]	18
Obr. 7 – Otisk čelistí na obráběném dílci [8]	19
Obr. 8 – 3D model varianty upnutí A	20
Obr. 9 – 3D model varianty upnutí B.....	20
Obr. 10 – 3D model varianty upnutí C.....	21
Obr. 11 – 3D model varianty upnutí D.....	21
Obr. 12 – 3D model upínky malých rozměrů	22
Obr. 13 – Sklíčidlo IUS společnosti TOS Svitavy [19]	23
Obr. 14 – Náhled rozměrů sklíčidla [19].....	24
Obr. 15 – 3D model upnutí pomocí lící desky	25
Obr. 16 – 3D model upnutí pomocí sloupu.....	26
Obr. 17 – Přizpůsobení upínací plochy [20]	27
Obr. 18 – Magnetická sada Schunk [21]	28
Obr. 19 – 3D model magnetické desky malé	29
Obr. 20 – 3D model malého svěráku.....	29
Obr. 21 – Adresář vytvořených přípravků	31
Obr. 22 – Simulace výroby s MachineWorks [17].....	36
Obr. 23 – Grafická simulace pro bezpečnou kontrolu obrábění v EdgeCAM [13]	37
Obr. 24 – Mnohačetný upínač MU7 [9].....	38
Obr. 25 – Upínací věž [9].....	39
Obr. 26 – Vícenásobné upínání rozměrného kusu [9].....	40
Obr. 27 – Simulace vícenásobného upínání – EdgeCAM [1]	40
Obr. 28 – Mastercam vložení 1	41
Obr. 29 – Zobrazení datového formátu	42
Obr. 30 – Posunutí upínacího přípravku	42
Obr. 31 – Simulace chybného obrábění	43
Obr. 32 – Simulace obrábění dílce s vloženým upínačem CU-T 77.....	43

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 – Upínací přípravky katedry Obrábění, montáže a strojírenské metrologie 30

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A – Tabulka Upínací přípravky katedry Obrábění, montáže a strojírenské technologie